

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-102687

⑤ Int. Cl.⁴

G 06 F 15/70

識別記号

3 3 0

庁内整理番号

M-7368-5B

⑬ 公開 平成1年(1989)4月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 円検出装置

⑮ 特 願 昭62-258272

⑯ 出 願 昭62(1987)10月15日

⑰ 発 明 者 斎 藤 浩 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社
内

⑰ 発 明 者 農 宗 千 典 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社
内

⑱ 出 願 人 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

⑲ 代 理 人 弁理士 土 橋 皓

明 細 書

1. 発明の名称

円検出装置

2. 特許請求の範囲

画像のエッジ構成点を検出するエッジ検出手段と、任意点からエッジ構成点までの距離を算出して距離ヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、該ヒストグラム上のピーク点を検出して円の存在を検出する円存在検出手段とを備える円検出装置において、横方向のエッジ強度および縦方向のエッジ強度をそれぞれ算出するエッジ強度算出手段と、該算出されたエッジ強度に基づきエッジ構成点の法線方向を算出する法線方向算出手段と、当該エッジ構成点と前記任意点とを結ぶ直線方向を算出する方向性算出手段と、該直線方向が前記法線方向を基準とする所定範囲内の値であることを判別したときに当該エッジ構成点を抽出してヒストグラム作成手段に出力する比較判定手段とを備えることを特徴とする円検出装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、対象風景から円の存在を検出する円検出装置に係り、特に円検出の高速化、信頼性向上を実現する技術に関する。

(従来の技術)

円検出装置としては従来例えば第9図に示すようなものがある。同図において、1はカメラ等の画像入力部、2は入力画像からエッジ構成点を検出するエッジ検出部、3は該エッジ構成点を書き込む画像メモリ、4はエッジ画像中において円検出領域を設定するマスク設定部、5は該マスクの中心点(この中心点はエッジ画像中の任意の点に設定される)からエッジ構成点までの距離を算出する距離算出部、6は該距離値に基づきエッジ構成点のヒストグラムを作成する距離ヒストグラム作成部、7は該ヒストグラム上のピーク点を検出するピーク検出部、8は該ピーク点の頻度が所定閾値を越えるか否かにより前記任意点が円の中心点か否かを判別し、ピーク点の頻度が所定閾値を

越えたときには当該マスク中心点を円の中心点として出力する円中心検出部、9は検出された円のデータ(中心点、半径等)を出力するデータ出力部である。

かかる装置は、第10図(a)に示すように、画像メモリ3に格納されたエッジ画像A(x, y)の任意の点に所定の大きさのマスクMを設定し、該マスクMの中心点から該マスクM内のエッジ構成点までの距離を算出して第10図(b), (c), (d)のような距離ヒストグラムを作成する。そして、マスクM₁の場合のヒストグラム(第10図b)のように、あるピーク点が所定閾値Kを越えるときにエッジ構成点列Aは円であると判別してマスクM₁の中心点位置(x₁, y₁)および距離r等のデータを出力し、マスクM₂, M₃の場合のヒストグラム(第10図c, d)のようにピーク点が閾値以下のときは、当該マスクM₂, M₃の内には円が存在しないと判別するようになっている。

エッジ構成点を検出するエッジ検出手段と、任意点からエッジ構成点までの距離を算出して距離ヒストグラムを作成するヒストグラム作成手段と、該ヒストグラム上のピーク点を検出して円の存在を検出する円存在検出手段とを備えるものを技術的前提として横方向のエッジ強度および縦方向のエッジ強度をそれぞれ算出するエッジ強度算出手段と、該算出されたエッジ強度に基づきエッジ構成点の法線方向を算出する法線方向算出手段と、当該エッジ構成点と前記任意点とを結ぶ直線方向を算出する方向性算出手段と、該直線方向が前記法線方向を基準する所定範囲内の値であることを判別したときに当該エッジ構成点を抽出してヒストグラム作成手段に出力する比較判定手段とを備える。

(実施例)

以下添付図面に基づいて本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明に係る円検出装置の一例を示すものである。

(発明が解決しようとする問題点)

ところで、かかる従来の円検出装置にあっては、エッジ画像中の任意の点を中心点としてマスクを該定し、該マスク内に存在するすべてのエッジ構成点に関して距離値を算出してヒストグラムを作成していたために、円検出の速度が遅れるとともに、特に第10図(a)においてマスクM₁として示したような一部に円弧を含む画像に関しては、そこに他の線分が数多く存在すると距離ヒストグラムのピーク点が閾値を越えてしまい、検出すべき真の円がないのに円検出をしてしまうという誤検出の可能性があった(第10図の図形cは形状が単純であるから、先においては誤検出が生じないものとして説明した)。

そこで、本発明の目的は、円検出の信頼性を高めるとともに円検出処理の高速化を可能とすることにある。

(問題点を解決するための手段)

前記目的を達成して従来技術の問題点を解決するため、本発明に係る円検出装置は、画像のエッ

まず構成を説明すると、第1図において11はカメラ等の画像入力部、12は入力画像から横方向のエッジ強度を算出して画像メモリ13に書き込む横方向エッジ強度算出部、14は入力画像から縦方向のエッジ強度を算出して画像メモリ15に書き込む縦方向エッジ強度算出部、16はこれらのデータから入力画像全体のエッジ構成点を検出して画像メモリ17に書き込むエッジ検出部、18は被検出円の最大半径r₀に応じて(2r₀+1)×(2r₀+1)の正形状マスクを設定するマスク設定部、19はエッジ画像から後述するような特定のエッジ構成点を抽出するエッジ点抽出部、20はマスク内の各エッジ構成点について法線方向を算出する法線方向算出部、21はマスク中心点と各エッジ構成点とを結ぶ直線方向を算出する方向性算出部、22は該算出された直線方向と前記法線方向とを比較して、当該直線方向が法線方向を基準とする所定閾値内にあるときに当該エッジ構成点を抽出して後段へ出力する比較判定部、23はマスク中心点から抽

出されたエッジ構成点までの距離を算出する距離算出部、24は該算出された距離に従ってヒストグラムを作成するヒストグラム作成部、25は該ヒストグラム上のピーク点を検出するピーク検出部、26は該ピーク点の頻度が所定閾値を越えるか否かを判別し、該閾値を越えるときにはそのときのマスク中心点を円中心として抽出する円中心検出部、27は該検出された円中心点、ピーク点の距離(円半径)、ピーク点頻度等を出力するデータ出力部である。

以下、本装置の作動について説明する。全体の処理フローは第2図に示す通りである。

まず画像入力部11から入力した画像に対し、横方向エッジ強度算出部12、縦方向エッジ強度算出部14において、それぞれ第3図に示す Δx 、 Δy なるオペレータを作用させ、各方向のエッジ強度を算出して画像メモリ13、15へストアする(S-1)、(S-2)。

次にエッジ検出部16において、横方向エッジ強度、縦方向エッジ強度の少なくとも一方が所定

6図に示すように

$$\phi(x, y) = \tan^{-1} \frac{V(x, y)}{H(x, y)}$$

で与えられる。 $H(x, y) = 0$ の時は $\phi(x, y) = 90^\circ$ (鉛直エッジ)、 $V(x, y) = 0$ の時は $\phi(x, y) = 0^\circ$ (水平エッジ)となる。

他方、方向性算出部21は、マスク中心点 (i, j) とエッジ構成点 (x, y) を結ぶ直線方向 $\omega(x, y)$ を算出する(S-9)。この方向 $\omega(x, y)$ は、第7図に示すように

$$\omega(x, y) = \tan^{-1} \left| \frac{y-j}{x-i} \right|$$

によって与える。

次に比較判定部22は、このようにして算出した法線方向 $\phi(x, y)$ と直線方向 $\omega(x, y)$ とを比較し(S-10)。

$\omega(x, y) - \delta \leq \phi(x, y) \leq \omega(x, y) + \delta$ の時は、エッジ構成点 (x, y) は、マスク中心点 (i, j) を中心とする円弧上の点として当該エッジ構成点 (x, y) を抽出する。こ

閾値 T を越えるときに当該画素をエッジ構成点として抽出し“1”の値をもたせ、閾値 T 以下のときには“0”の値をもたせて画像メモリ17にストアする(S-3)。尚、画像メモリ13、15、17にストアされた画像をそれぞれ $H(x, y)$ 、 $V(x, y)$ 、 $A(x, y)$ としておく。以上のエッジ検出処理の一例を第5図に例示する。

次に、これらのエッジデータに基づいて半径 $r_1, r_2, r_3 \dots r_n$ の円を検出するための処理に移る。まず、マスク設定部18において第4図に示すように縦 $2r_n + 1$ 、横 $2r_n + 1$ の正形状マスクを設定する(S-4)。マスクの大きさ $2r_n + 1$ は抽出しようとする最大の円(半径 r_n)がマスク内に入る大きさである。

次に、法線方向算出部20は、マスク内のエッジ点($A(x, y) = 1$ である点)について、前記画像 $H(x, y)$ 、 $V(x, y)$ に基づいて法線方向 $\phi(x, y)$ を算出する(S-6)～(S-8)。この法線方向 $\phi(x, y)$ は、第

れ以外のエッジ構成点は円弧上の点ではないから抽出は行なわない。第7図に示す場合、エッジ点 (x_1, y_1) は円弧上の点として抽出され、エッジ点 (x_2, y_2) は円弧上の点ではないとして抽出されない。

さて、これ以後の処理は従来装置と同様であるが本装置の場合は、比較判定部22で抽出されたエッジ構成点についてのみ行なう。

まず、距離算出部23は、抽出されたエッジ構成点 (x, y) とマスク中心点 (i, j) の距離(ユークリッド距離) d を算出する(S-11)。

$$d = \sqrt{(x-i)^2 + (y-j)^2}$$

である。この処理は、比較判定部22で抽出されたすべてのエッジ構成点について行なう。

次に、距離ヒストグラム作成部24は、算出された距離値に基づいてヒストグラムを作成し(S-5)、(S-12)、ピーク検出部25において該ヒストグラム上のピーク点を検出し、該ピーク点の距離値 $V \propto$ 頻度 $K \propto$ を算出する

(S-13)～(S-16)。

そして、円中心検出部26において、頻度 $K\alpha$ を所定の閾値 K_{TH} と比較し(S-17)、 $K\alpha \geq K_{TH}$ の時にはマスク中心点 (i, j) を中心とする半径 $r\alpha$ の円が存在すると判定し、データ出力部27を介してマスク中心点(円中心点)、ピーク点の距離値(円半径)、ピーク点の頻度等のデータを表示する(S-18)。尚、 $K\alpha < K_{TH}$ の時には円は存在しないと判定する。

以上の処理を、エッジ画像 $A(x, y)$ においてマスクを移動させながらすべての点について行なうことにより円の検出が終了する。

尚、この実施例ではエッジ画像 $A(x, y)$ 上に正方形のマスクを設定して円検出を行なったが、本発明はテンプレートマッチングによる円検出にも適用可能である。例えば第8図に示すようにテンプレート40上に複数のエッジ点列が乗っている場合、従来装置では高いマッチ度が得られるためにテンプレート40の中心点 (i, j) を円中心点として検出する可能性があったが、本発

明によれば、エッジ点の法線方向を検出して円弧上のエッジ点でないものは排除してヒストグラム作成を行なうため、誤検出を防止できることになる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明に係る円検出装置によれば、エッジ構成点の法線方向および該エッジ構成点とエッジ画像上の任意の点とを結ぶ直線方向の各値を算出し、該直線方向の値が法線方向の値を基準とする所定値内にあるときにのみ、当該エッジ構成点を抽出して円の存在判別を行なうようにしたから、法線方向との関係から円弧上の点ではないと予め判別できる不要なエッジ点はヒストグラム上に表われない。従って、円弧上の点である蓄然性の高いエッジ点についてだけ円検出処理が実行されるので検出結果の信頼性が向上するとともに処理速度が高速化するという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る円検出装置の一例を示す

ブロック図、第2図は本発明に係る円検出装置の作動例を示すフローチャート、第3図はマスクの一例を示す図、第4図はマスクの設定方法を例示する図、第5図は本発明装置におけるエッジ検出処理の一例を示す図、第6図は法線方向の算出例を示す図、第7図は特定エッジ点の抽出例を示す図、第8図は本発明装置における他の処理方法を例示する図、第9図は従来の円検出装置の一例を示すブロック図、第10図は従来の円検出装置における円検出例を示す図である。

- 12…横方向エッジ強度算出部
- 14…縦方向エッジ強度算出部
- 16…エッジ検出部
- 19…特定エッジ点抽出部
- 20…法線方向検出部
- 21…方向性検出部
- 24…距離ヒストグラム作成部
- 25…ピーク検出部
- 26…円中心検出部

第3図

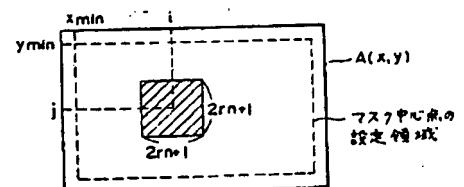
1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

横方向エッジ強度算出用マスク Δx

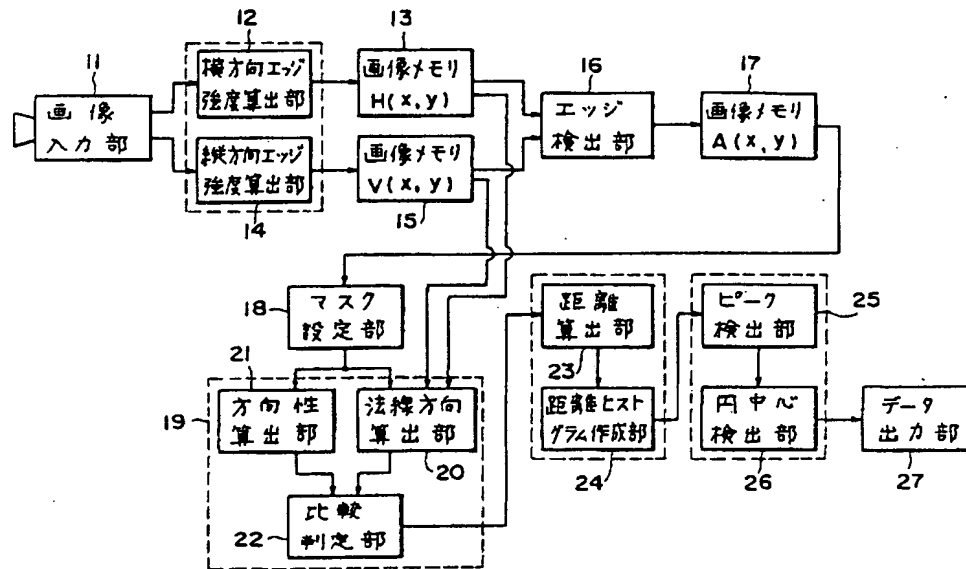
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

縦方向エッジ強度算出用マスク Δy

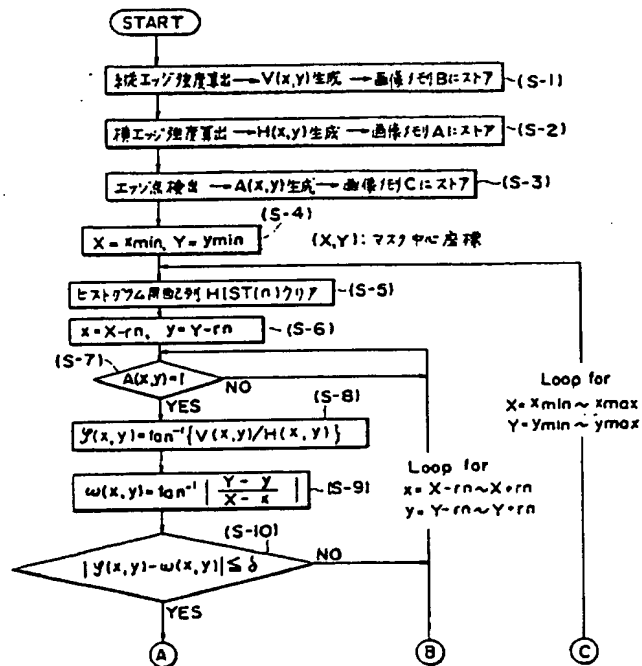
第4図



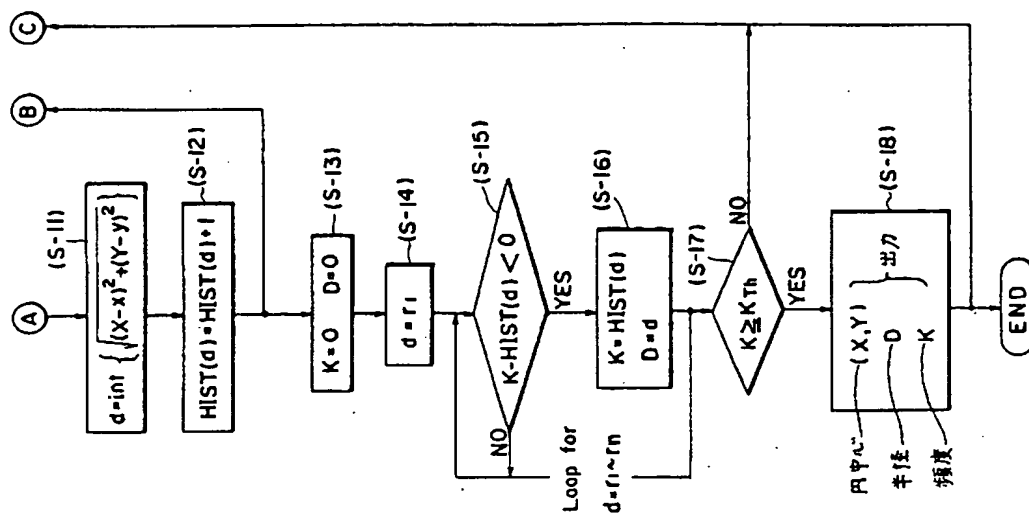
第 1 図



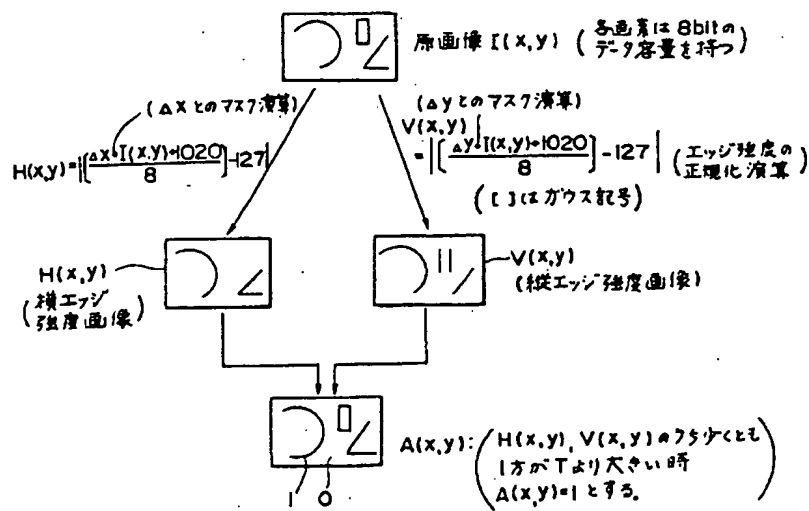
第 2 図
(a)



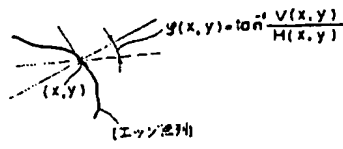
第2図
(b)



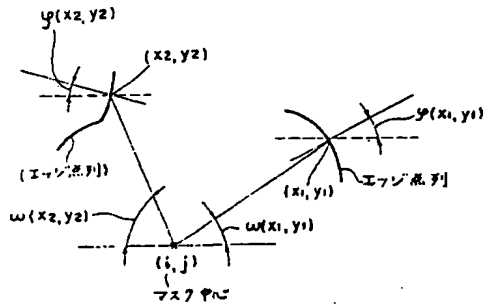
第3図



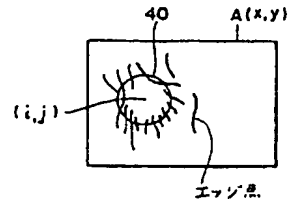
第 6 図



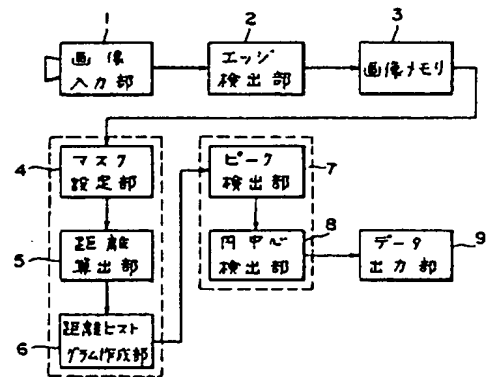
第 7 図



第 8 図

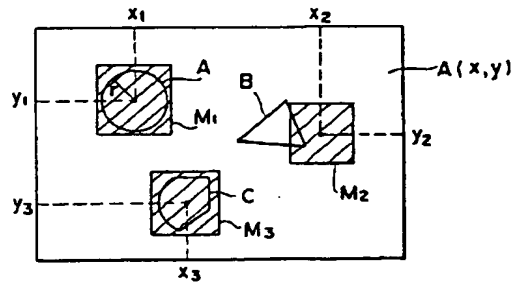


第 9 図

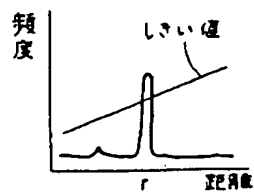


第 10 図

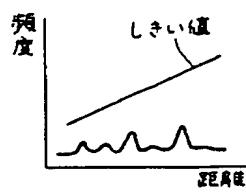
(a)



(b)



(c)



(d)

